

슬관절 골관절염 환자의 계단 오르기 동작의 특징

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

김덕용 · 박창일 · 장원혁 · 박태훈 · 안소영 · 이선경 · 이돈신

Characteristics of Stair Ascent in Patients with Knee Osteoarthritis

Deog Young Kim, M.D., Chang-il Park, M.D., Won Hyuk Chang, M.D., Tae Hoon Park, M.D., So Young Ahn, M.D., Sun Kyoung Lee, M.D. and Don Sin Lee, B.S.

Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Objective: To investigate the kinematic and kinetic characteristics of stair ascent in patients with knee osteoarthritis.

Method: Twenty patients with knee osteoarthritis and twenty healthy controls were recruited. The kinematic and kinetic data were obtained through a three dimensional motion analyzer. The kinematic and kinetic data during stair ascent were compared between two groups.

Results: The total required time of stair ascent was significantly longer in the osteoarthritis group than that of the control group ($p < 0.05$). In comparison with the control group, the angle of maximal pelvis anterior tilting, minimal and maximal hip flexion and minimal knee flexion were significantly increased ($p < 0.05$). However, the angle of knee

flexion and ankle dorsiflexion at initial contact were significantly decreased in the osteoarthritis group ($p < 0.05$). The maximal moment and power of knee extension and ankle plantarflexion were significantly decreased in the osteoarthritis group ($p < 0.05$). Sixteen patients (80.0%) in the osteoarthritis group showed flexion arc after initial contact. "W" sign was shown in 16 patients (80.0%).

Conclusion: We found the unique kinematic and kinetic patterns during stair ascent in patients with knee osteoarthritis, and that knee osteoarthritis influence not only kinematic and kinetic patterns of knee but also those of hip and ankle. (J Korean Acad Rehab Med 2005; 29: 654-661)

Key Words: Knee, Stair, Osteoarthritis, Motion analysis

서 론

골관절염은 슬관절에 빈번히 발병하며 경우에 따라 심한 장애를 초래하는 질병으로, 중년층 이상의 인구에서 높은 유병률을 보여, 65세 이상 여자에서 18%, 남자에서는 9%가 발병하는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 슬관절 골관절염을 가진 환자들은 흔히 슬관절부의 통증과, 관절 가동범위의 제한, 구축을 경험하게 되는데, 이런 증상들은 일상생활에서 기능적 독립성의 상실을 초래한다. 특히 슬관절 골관절염 환자는 계단을 오를 때 평지 보행보다는 골관절염으로 인한 증상을 더 많이 호소하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 슬관절 골관절염 환자에서 계단 오르기 동작분석을 통해, 슬관절 골관절염 환자의 특징을 보다 잘 알 수 있으리라 생각한다. 하지만 지금까지의 슬관절 골관절염 환자의 보행에 대한 연구는 대부분 평지 보행에 국한되어 있고, 계단 보행에 대한

연구는 미비한 실정이다.

슬관절 골관절염 환자들의 평지 보행에 대한 연구에서, Fisher 등⁶⁾은 대퇴사두근의 위약으로 인해 초기 입각기에서 슬관절의 신전 모멘트가 감소하는 '사두근 회피' 현상을 보고하였고, Radin 등¹⁵⁾은 통증이 있는 관절의 부하를 줄이는 동시에 다른 관절의 부하를 비정상적으로 증가시키는 양상을 보고하였다. Messier 등¹²⁾과 Fisher 등⁶⁾은 슬관절 골관절염 환자에서 통증이 있고 약한 슬관절을 고관절이 보상할 것이라는 가설을 제시하였다. Kaufman 등⁸⁾은 슬관절 골관절염 환자의 평지 보행 및 계단 오르기, 내리기 동작을 분석하여, 각각 동작의 특징을 보고하였지만, 단지 슬관절만을 분석하여, 슬관절 골관절염 환자에서 하지의 다른 관절의 운동형상학적, 운동역학적 특징 및 각 관절의 보상 작용을 보고하지는 못했다.

이에 본 연구에서는 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 하여 계단을 오를 때 고관절, 슬관절, 족관절의 운동형상학적, 운동역학적 지표를 구하고, 정상 대조군과 비교하여 슬관절 골관절염 환자의 계단 오르기 특징을 알아보려고 하였다.

접수일: 2005년 6월 22일, 게재승인일: 2005년 11월 14일

교신저자: 박태훈, 서울시 서대문구 신촌동 134번지

☎ 120-752, 연세의료원 재활병원 재활의학과

Tel: 02-2227-3036, Fax: 02-363-2795

E-mail: huripark@hanmail.net

연구대상 및 방법

1) 연구대상

편측 또는 양측 슬관절의 골관절염을 진단받은 20명의 성인을 슬관절 골관절염군으로, 20명의 정상 성인을 대조군으로 하였다. 20명의 슬관절 골관절염군 중 편측 슬관절 골관절염이 3명, 양측 슬관절 골관절염이 17명이었다. 슬관절 골관절염군은 여자 18명, 남자 2명이었고, 나이는 65.5 ± 9.3 세, 신장은 155.2 ± 6.3 cm, 몸무게는 59.2 ± 8.4 kg이었고, 대조군은 여자 20명으로, 나이 61.0 ± 4.6 세, 신장 153.8 ± 5.5 cm이었고 몸무게 58.6 ± 7.3 kg로 슬관절 골관절염군과 비교하여 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

미국류마티스학회가 제시한 원발성 슬관절 골관절염의 임상적 및 방사선적 진단 기준에 따라 슬관절 골관절염을 진단하였고,²⁾ 이들 중 나이가 40세 이상이고, 보조기가 없이 독립적으로 다섯 계단 이상의 계단 오르기가 가능하지만 계단을 오를 때 통증 또는 어려움이 있고, 실험 참여 최소 한 달 전부터 꾸준한 편측 또는 양측 슬관절의 통증을 호소하였고, 슬관절 골관절염을 제외하고 하지의 다른 관절에서는 관절염이 없고, 실험 참여 한 달 이내에 슬관절 내에 어떤 약물도 주입을 받지 않았던 환자를 슬관절 골관절염군으로 선정하였다. 대조군은 현재 양측 슬관절에 특별한 증상이 없고, 슬관절 골관절염, 슬관절 불안정성 등 슬관절 관련 질환의 과거력이 없는 20명의 정상 성인으로 하였다. 슬관절 골관절염군, 대조군 모두에서 신경학적 질환, 하지 외상 또는 하지에 수술을 받은 과거력은 없었다.

슬관절 골관절염군의 골관절염의 임상적 경중도는 Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis (WOMAC) index를 이용하여 평가하였다.³⁾ WOMAC 골관절염 지수는 통증(5문항), 관절강직(2문항), 기능(17문항)의 3부분으로 구성되어 있고, 각 문항의 0점은 통증, 강직, 장애가 없는 상태이고, 4점은 가장 극심한 상태를 의미한다. 본 슬관절 골관절염군 대상자에서는 통증 점수는 6.20 ± 3.0 점, 강직 점수는 0.72 ± 0.7 점, 기능 점수는 8.62 ± 5.5 점이었다. 슬관절 골관절염의 방사선적 경중도를 알아보기 위해 슬관절 단순 방사선 촬영을 하여 방사선학적 분류법으로 정상일 때 등급 '0'에서 중등도일 때 등급 '4'로 구성되어 있는 Kellgren-Lawrence 등급 척도를 사용하였다.⁹⁾ 본 슬관절 골관절염군 대상자 20명 중 1등급이 3명, 2등급이 6명, 3등급이 10명, 4등급이 1명이었다.

2) 계단 오르기 동작 분석

계단 오르기 동작 분석은 3차원 보행 분석기인 Vicon 370 Motion Analysis System (Oxford Metrics Inc., Oxford, U.K.)을 이용하여 운동형상학적 지표와 운동역학적 지표를 분석하

였다. Vicon 370 Motion Analysis System은 6개의 적외선 카메라와 숨겨져 있는 힘판(Klistler Inc., USA)을 내장하고 있어, 수동표식자의 움직임과 힘판에 전해진 지면 반발력을 측정하여 각 관절의 운동형상학 및 운동역학적 분석을 할 수 있는 장치이다.

피검자는 Vicon 프로토콜에 따라 기립 정지 상태에서 김 등¹⁾이 보고한 바와 같이 13개의 표식자를 부착하고 계단 오르기를 시행하였다. 계단 오르기 동작은 특수 제작한 계단을 이용하여 수차례 계단을 오르내리게 하여 자연스러운 계단 오르기 동작을 유도한 후 검사하는 동안은 최소한 10차례 이상 시행 후 힘판을 정확히 밟고 모든 수동 표식자의 움직임이 잘 보이는 자료를 하나 선택하여 분석하였다.

계단은 김 등¹⁾의 보고와 같은 기준으로 제작된 계단으로, 한 계단의 높이가 15 cm이고 깊이는 28 cm, 폭은 100 cm로 제작하여 이를 4개의 계단으로 구성하였고, 맨 밑 하단은 일부 절단하여 힘판에 영향을 주지 않도록 제작하였다.

계단 오르기 동작은 동작 분석실 바닥의 높이 15 cm 되는 밑 여유 공간에서 시작하여 최상위 계단까지 양하지가 엇갈리게 올라가 양측 발이 동일한 계단을 밟지 않도록 하여 시행하였고, 힘판은 최하위 계단 밑에 위치하게 하였고 피검자에게 그 위치를 가르쳐 주지 않았다. 계단 오르기 동작 시작점은 한발이 계단의 표면에 닿았을 때로 정하였고 계단 오르기 동작의 종료점은 그 발이 상위의 계단의 표면에 닿았을 때로 정하여 시행하였다. Vicon 370 Motion Analysis System을 통해 얻어진 자료를 바탕으로 각 보행 주기에 따른 시상면에서의 운동형상학적, 운동역학적 지표를 Polygon 2.0 소프트웨어를 이용하여 구하였다.

3) 통계 처리

통계 분석은 윈도우용 SPSS 12.0을 이용하였다. 슬관절 골관절염군의 운동형상학적, 운동역학적 지표 분석에 있어서 환측 슬관절을 대상으로 하였고, Kaufman 등⁸⁾의 보고와 같이 양측 모두 슬관절 골관절염을 진단 받은 사람은 양측 하지 보행 지표의 평균값을 이용하여 분석하였다. 슬관절 골관절염군과 대조군에서 계단 오르기 총 소요 시간, 운동형상학적, 운동역학적 지표는 student t-test를 이용해서 비교 분석하였다. 두 군의 운동형상학적 특징의 빈도를 통계학적으로 비교 분석하기 위해 Chi-square test를 이용하였다. 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1) 계단 오르기 총 소요 시간

계단 오르기 총 소요 시간은 대조군이 5.07 ± 0.69 초인데 비해 슬관절 골관절염군이 6.95 ± 1.59 초로 통계적으로 유의하게 슬관절 골관절염군에서 시간이 많이 걸렸다($p < 0.05$).

2) 슬관절의 운동형상학적 지표 분석

초기 접지기 시 슬관절 굴곡 각도는 슬관절 골관절염군에서 64.11도로 대조군의 69.38도에 비해 통계적으로 유의하게 감소되어 있었고($p < 0.05$), 최소 슬관절 굴곡 각도는 슬관절 골관절염군에서 22.32도로 대조군의 18.44도에 비해 통계적으로 유의하게 증가되어 있었으나($p < 0.05$), 최대 슬관절 굴곡 각도는 대조군과 유의한 차이는 없었다(Table 1, Fig. 1).

슬관절 골관절염군 20명 중 16명(80.0%)에서, 37개의 환측 슬관절 중 26개(70.3%)에서 초기 접지기 후 굴곡 호를 보이고 대조군은 40개의 슬관절 중 13개(32.5%)에서 보여, 통계적으로 유의하게 환자군에서 더 많은 초기 접지기 후 굴곡 호를 관찰할 수 있었다($p < 0.05$)(Fig. 2).

슬관절 골관절염군 20명 중 16명(80.0%)에서, 37개의 환측 슬관절 중 28개(75.7%)의 슬관절에서 말기 입각기에서 슬관절이 신전하다 일시적으로 굴곡 후 다시 신전하다 굴곡 하면서 초기 유각기로 넘어가는 양상의, “W” 징후가 관찰되었는데 대조군에서는 40개의 슬관절 중 5개(12.5%)에서 관찰되어 통계적으로 유의하게 슬관절 골관절염군에서

Table 1. Comparison of Kinematic Data in Stair Ascent

	Osteoarthritis group	Normal control group
Maximal pelvis anterior tilting	29.77±5.26*	23.65±4.63
Hip Fl ¹⁾ at IC ²⁾	74.55±6.43	71.41±5.04
Minimal hip Fl ¹⁾	27.12±6.24*	18.04±5.51
Maximal hip Fl ¹⁾	84.86±6.11*	77.23±5.26
Knee Fl ¹⁾ at IC ²⁾	64.11±7.71*	69.38±2.99
Minimal knee Fl ¹⁾	22.32±2.32*	18.44±3.33
Maximal knee Fl ¹⁾	99.27±7.14	99.67±5.24
Ankle DF ³⁾ at IC ²⁾	11.43±6.70*	17.69±3.85
Maximal ankle DF ³⁾	26.37±4.70	25.56±4.55
Maximal ankle PF ⁴⁾	13.54±6.41	9.99±4.91

Values are mean± standard deviation.

1. Fl: Flexion, 2. IC: Initial contact, 3. DF: Dorsiflexion, 4. PF: Plantarflexion

* $p < 0.05$ compared osteoarthritis group with normal control group

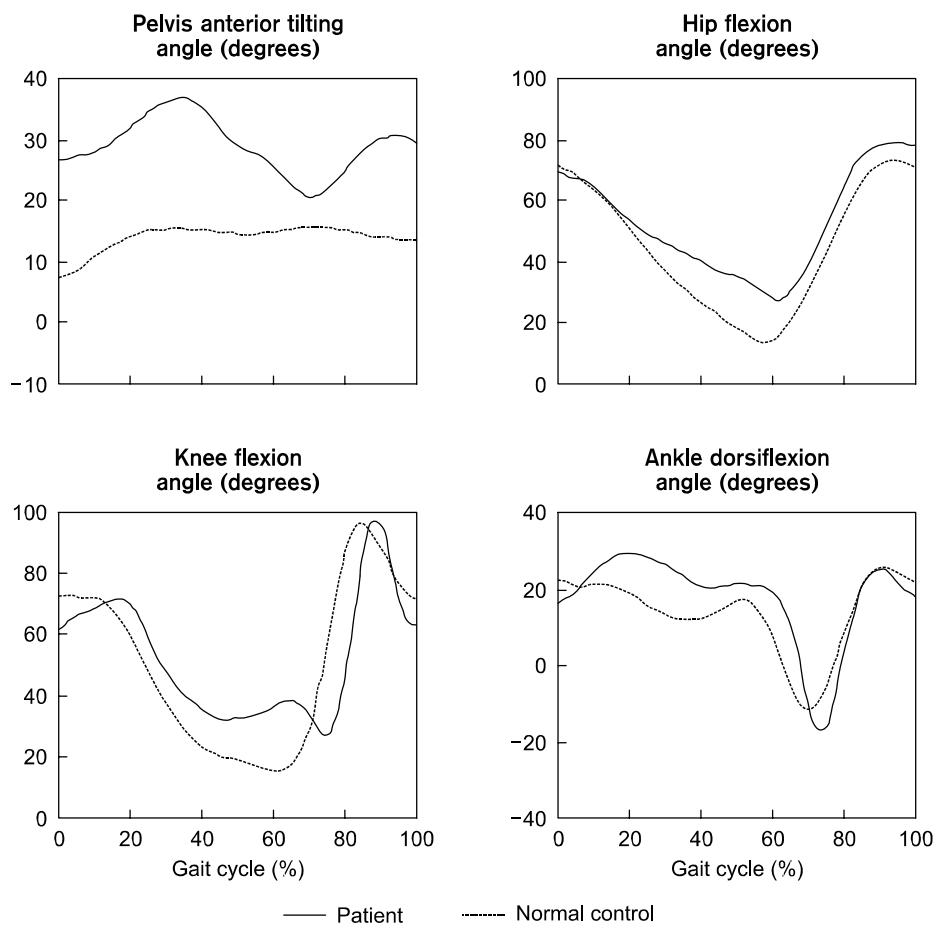


Fig. 1. Typical kinematic data of hip, knee and ankle of a 65-year-old woman with knee osteoarthritis during stair ascent.

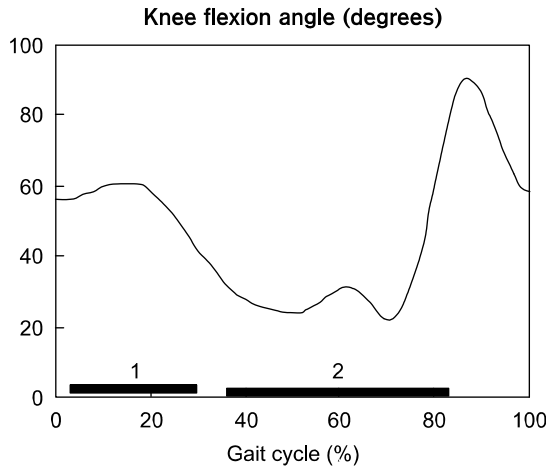


Fig. 2. Example of flexion arc after initial contact and “W” sign during knee extension from the kinematic data of knee during stair ascent. (1) Flexion arc, (2) “W” sign.

“W” 징후가 많이 관찰되었다($p < 0.05$)(Fig. 2).

3) 기타 하지 관절의 운동형상학적 지표 분석

슬관절 골관절염군의 최대 전방 골반 기울기는 29.77도로 대조군의 23.65도에 비해 통계적으로 유의하게 증가되어 있었다($p < 0.05$). 최소 고관절 굴곡 각도는 슬관절 골관절염군에서 27.12도로 대조군의 18.04도에 비해 통계적으로 유의하게 증가되어 있었고, 최대 고관절 굴곡 각도도 슬관절 골관절염군에서 84.8도로 대조군의 77.23도에 비해 유의하게 증가되어 있었다($p < 0.05$). 초기 접지 시의 족관절 족배 굴곡 각도는 슬관절 골관절염군에서 11.43도로 대조군의 17.69도에 비해 통계적으로 유의하게 감소되어 있었다($p < 0.05$). 족관절의 최대 족저, 족배 굴곡 각도와 초기 접지시의 고관절 굴곡 각도는 각각 슬관절 골관절염군과 대조군에 있어서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1, Fig. 1). Fig. 1은 본 실험의 특징적인 결과를 보여준 65세 여자 환자의 운동형상학적 자료이다. 본 여자 환자는 6년간 양측 슬관절 골관절염을 앓아 왔으며 WOMAC 골관절염 지수는 통증 점수는 4.4, 강직 점수는 0, 기능 점수는 7.2였고, Kellgren-Lawrence 등급 척도는 3등급이었다.

4) 슬관절의 운동역학적 지표 분석

슬관절 골관절염군에서 최대 슬관절 신전 모멘트는 0.25 Nm/kg이고, 최대 슬관절 일률은 0.94 Watts/kg으로 대조군의 0.34 Nm/kg, 1.32 Watts/kg에 비해 통계적으로 유의하게 슬관절 골관절염군에서 감소되었고, 최대 슬관절 신전 모멘트 발생시기는 슬관절 골관절염군에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 지연되어 있었다($p < 0.05$)(Table 2, Fig. 3).

Table 2. Comparison of Kinetic Data in Stair Ascent

	Osteoarthritis group	Normal control group
Maximal hip Ex ¹⁾ moment (Nm/kg)	0.96±0.33	0.97±0.14
Maximal hip Ex ¹⁾ moment time (%)	24.15±11.66*	15.90±3.17
Maximal hip power (Watts/kg)	1.38±0.35	1.21±0.26
Maximal hip power time (%)	30.00±18.23*	21.00±4.26
Maximal knee Ex ¹⁾ moment (Nm/kg)	0.25±0.10*	0.34±0.14
Maximal knee Ex ¹⁾ moment time (%)	25.85±13.46*	18.30±8.62
Maximal knee power (Watts/kg)	0.94±0.36*	1.32±0.32
Maximal knee power time (%)	24.40±13.85	18.85±2.74
Maximal ankle PF ²⁾ moment (Nm/kg)	1.12±0.30*	1.30±0.15
Maximal ankle PF ²⁾ moment time (%)	54.16±8.61	54.05±0.89
Maximal ankle power (Watts/kg)	0.76±0.79*	1.49±0.73
Maximal ankle power time (%)	50.20±13.75	52.90±8.46

Values are mean±standard deviation.

1. Ex: Extension, 2. PF: Plantarflexion

* $p < 0.05$ compared osteoarthritis group with normal control group

5) 기타 하지 관절의 운동역학적 지표 분석

최대 고관절 신전 모멘트와 최대 고관절 일률은 슬관절 골관절염군과 대조군에서 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 최대 고관절 신전 모멘트와 최대 고관절 일률의 발생시기가 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 지연되어 있었다($p < 0.05$)(Table 2, Fig. 3).

슬관절 골관절염군에서 최대 족관절 족저 굴곡 모멘트는 1.12 Nm/kg이고, 최대 족관절 일률은 0.76 Watts/kg으로 대조군의 1.30 Nm/kg, 1.49 Watts/kg에 비해 통계적으로 유의하게 감소되어 있었고($p < 0.05$), 최대 족관절 족저굴곡 모멘트와 최대 족관절 일률의 발생시기는 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2, Fig. 3). Fig. 3은 본 실험의 특징적인 결과를 보여준 65세 여자 환자의 운동 역학적 자료이다. 본 여자 환자는 10년간 양측 슬관절 골관절염을 앓아 왔으며 WOMAC 골관절염 지수는 통증 점수는 6.20, 강직 점수는 0.72, 기능 점수는 8.62였고, Kellgren-Lawrence

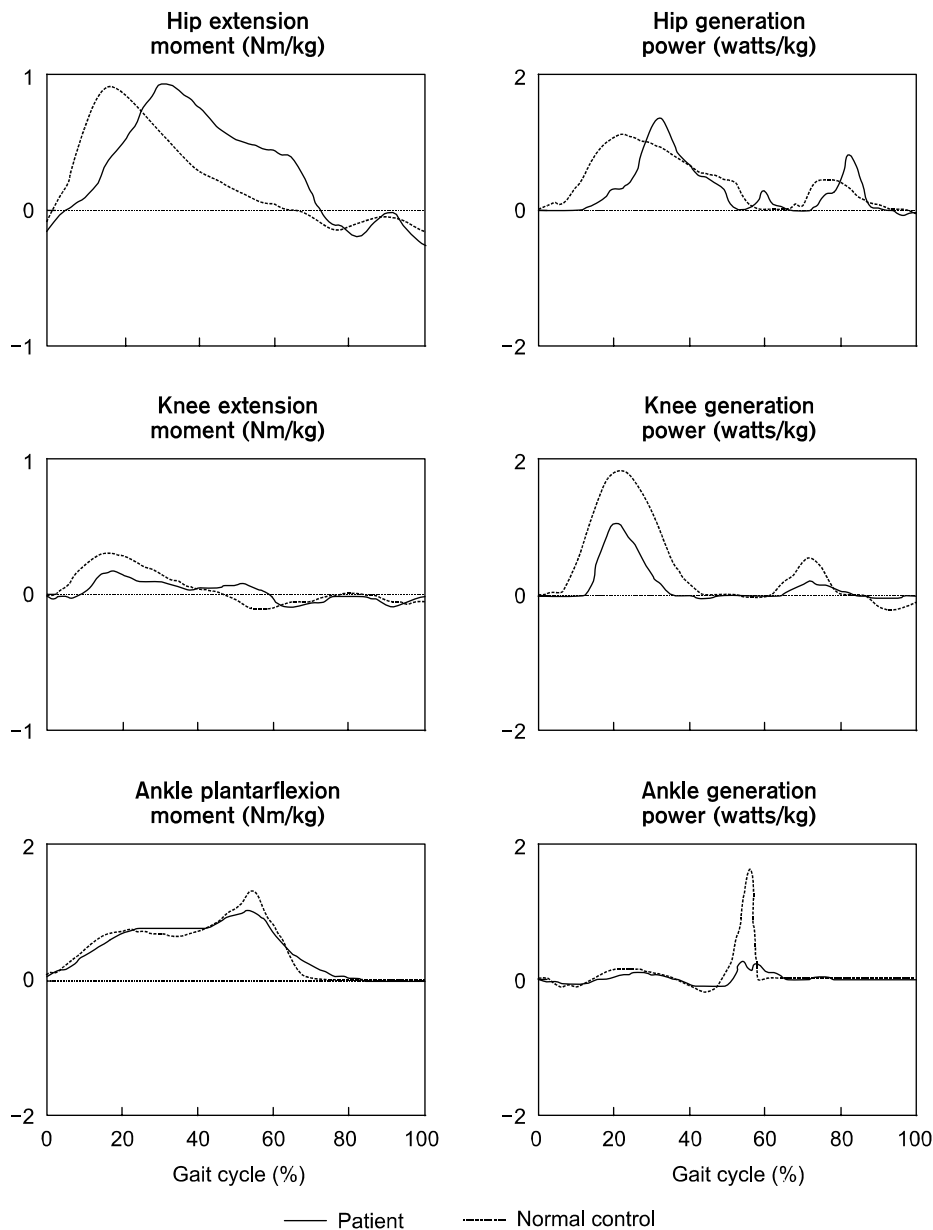


Fig. 3. Typical kinetic data of hip, knee and ankle of a 65-year-old woman with knee osteoarthritis during stair ascent.

등급 척도는 3등급이었다.

고 찰

계단은 일상생활에서 자주 접하는 장애물로, 건강한 성인들은 이런 계단을 매우 쉽게 오를 수 있지만 나이가 많거나, 과체중, 임신부, 관절 치환술을 포함한 관절 질환 등 운동 능력의 저하가 있는 사람에게는 계단 오르는 매우 힘든 동작 중 하나이다. 특히 슬관절 골관절염 환자에서는 계단 오르는 어렵고, 고통스러운 일상생활의 체중 부하 동작으로 알려져 있다.^{7,10)} 따라서 본 연구에서는 계단 오르기 동작 분석을 통해 좀더 특징적인 슬관절 골관절염 환자의

특성을 알아보려고 하였다.

슬관절의 운동형상학적 측면에서 슬관절 골관절염군이 대조군에 비해 초기 접지 시의 슬관절 굴곡각도는 통계적으로 유의하게 감소되어 있었으나, 최소 슬관절 굴곡은 증가되어 있었다. 운동역학적으로는 최대 슬관절 신전 모멘트와 최대 슬관절 일률이 대조군에 비해서 유의하게 감소하였고, 최대 슬관절 신전 모멘트의 발생 시기가 대조군보다 유의하게 지연되어 있었다. 이는 슬관절 골관절염 환자에서 계단 오를 때의 동작을 분석한 Kaufman 등⁸⁾의 결과와 비교해 볼 때 최대 슬관절 신전 모멘트가 감소한 결과는 일치하였으나, Kaufman 등⁸⁾의 결과에서는 최대 슬관절 신전 모멘트가 나타나는 시간의 지연이 관찰되지 않았고, 다

른 운동형상학적 지표에 있어서도 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 이런 차이를 보인 이유는 Kaufman 등⁸⁾의 연구가 초기 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 하였기 때문이라고 생각하며, 두 연구 대상자들 간의 정확한 유병기간을 비교할 수는 없었으나, 본 연구의 슬관절 골관절염군은 유병기간이 6.7±6.0년으로 만성 슬관절염을 앓고 있는 환자들이었다.

김 등¹⁾은 20~30대 건강한 성인 남자를 대상으로 계단 오르기를 실시하여 평지 보행 시 슬관절에서 초기 접지기 후 관찰되는 굴곡 호를 계단 오르기 동작 시에는 피검자 모두에서 관찰할 수 없었음을 보고하였다. Riner 등¹⁶⁾은 정상인에서 계단 오르기 시에 체중부하기를 상승기(pull up phase)라고 표현하면서 바로 초기 접지기 후 고관절과 슬관절의 일률이 발생하다가 보행주기 14~20%에서 최대 일률 발생을 보인다고 보고했었다. 이는 정상 성인들은 계단 오르기 시 초기 접지기 후 슬관절이 굴곡된 상태에서 굴곡 호의 생성 없이 바로 대퇴사두근의 동심성 수축으로 신전되면서 최대 일률이 발생함을 의미한다. 그러나 본 연구에서는 초기 접지기 후 굴곡 호가 슬관절 골관절염군에서는 70.3%에서, 대조군에서는 32.5%에서 관찰되어, 슬관절 골관절염군에서 초기 접지기 후 굴곡 호가 유의하게 빈번히 관찰되었다. 이는 슬관절 골관절염군에서 초기 접지기 후 굴곡 호의 현상 없이 계단을 오르게 되면 초기 접지기 후 바로 대퇴사두근의 동심성 수축이 일어나기 시작하면서 슬관절 최대 신전 모멘트가 발생하여 가장 큰 통증이 발생하므로,¹⁶⁾ 이런 통증에 대한 두려움으로 슬관절 최대 신전 모멘트를 감소시키기 위해 정상 대조군과는 다른 운동형상학적, 운동역학적 결과를 보였으리라 생각한다. 즉 슬관절 골관절염군에서 초기 접지기 시 슬관절을 최대한 신전시키고 이로 인해 초기 접지기 시 족관절 족배굴곡이 감소된 상태에서, 슬관절 골관절염군에서 최대 전방 골반기울기가 증가한 양상에서 보는 바와 같이 최대한 신체 질량 중심을 전방 전위시켜 다음 계단으로 오르는 양상에서 보듯, 결국 이런 신체 질량 중심의 전방 전위로 인해 슬관절 굴곡 모멘트가 발생하여, 평지 보행 시에 부하 반응기에 관찰되는 초기 접지기 후 굴곡 호가 계단 오르기 시에도 발생하는 것으로 판단된다. 슬관절 골관절염군에서 초기 접지기 후 굴곡 호가 대조군에 비해 유의하게 많이 관찰된 것에 대한 다른 가능성으로는 슬관절 골관절염군에서 초기 접지기 시 슬관절 굴곡의 감소 자체로 인한 것으로 생각해 볼 수 있다. Crossley 등⁴⁾은 슬개 대퇴 통증 증후군 환자를 대상으로 시행한 연구였긴 하지만 슬관절의 통증이 있는 환자군에서 통증에 대한 적응으로 계단 오르기 시 대조군에 비해 초기 접지기 시 슬관절 굴곡의 감소를 보고하였다. 본 연구에서도 슬관절 골관절염군에서 대조군에 비해 유의하게 초기 접지기 시 슬관절 굴곡의 감소가 관찰되었는데, 초기 접지기 시 슬관절 굴곡의 감소, 즉 신전될수록 초기 접지기 후

바로 Riner 등¹⁶⁾이 주장한 상승기로 이어지기보다는 슬관절 굴곡 모멘트로 인한 굴곡 호의 형성 후 상승기로 이어져 슬관절 골관절염군에서 대조군에 비해 유의하게 초기 접지기 후 굴곡 호가 많이 관찰되었으리라 생각한다. 이러한 굴곡 호 현상은 Ouellet과 Moffet¹³⁾의 연구에서 찾아볼 수 있었다. 그들은 따로 초기 접지기 후 굴곡 호에 대한 언급은 없었으나, 계단 오르기 시 슬관절의 운동형상학적 자료를 보면, 본 연구 결과와 마찬가지로 슬관절 골관절염 환자에서 초기 접지기 후 굴곡 호가 관찰되었으나 정상인의 계단 오르기 시에는 관찰되지 않았다.

슬관절 골관절염군에서 슬관절 최대 신전 모멘트 발생 시간의 지연을 보인 이유는 다수(70.3%)에서 초기 접지기 후 굴곡 호를 거치고 난 후 슬관절이 신전하면서 슬관절 최대 신전 모멘트가 발생하였기 때문이라고 생각하였고 이로 인해 최대 고관절 신전 모멘트와 최대 고관절 일률의 발생시기 또한 슬관절 골관절염군에서 유의하게 지연되어 있었다.

정상적으로 평지 보행 시에는 부하 반응기 동안에 충격 흡수를 위해, 슬관절은 굴곡하게 된다.¹⁴⁾ 보행 속도가 증가할수록 더 많은 충격 흡수가 필요하게 되는데 이는 부하 반응기에 슬관절 굴곡의 증가를 통해 가능해진다. 슬관절 굴곡의 증가는 슬관절이 접히는 걸 막기 위해 더 많은 슬관절의 신전 모멘트를 필요로 하게 된다.¹⁸⁾ 슬관절 골관절염 환자의 평지 보행 시에는 Fisher 등⁶⁾이 슬관절 신전 모멘트가 초기 입각기, 즉 부하 반응기에서 감소함을 보고하였고, Messier 등¹²⁾도 슬관절 골관절염 환자가 평지 보행 시에 부하 반응기에 슬관절의 굴곡을 감소시켜 대퇴사두근의 신장성 조절을 감소시켜 결국에는 슬관절의 압축 부하를 감소시키는 현상인 “사두근 회피” 현상을 보고한 바 있었다. 본 연구에서도 평지 보행에 관한 연구와 같이 슬관절 신전 모멘트의 감소가 관찰되었다.^{6,12)} 그러나 본 연구에서 계단 오르기 시에 관찰된 신전 모멘트 감소 양상은 지금까지 보고된 평지에서의 “사두근 회피” 현상과는 기전이 다른 것으로 생각된다. 평지에서는 부하 반응기에 슬관절이 굴곡하면서, 대퇴사두근은 신장성 수축을 하면서 슬관절 최대 신전 모멘트가 발생하여 통증을 유발함으로 환자는 통증의 유발을 막기 위해 부하 반응기에 슬관절을 의도적으로 굴곡시키지 않아 대퇴사두근의 신장성 수축을 가능한 억제하는 “사두근 회피” 양상을 보였었다. 그러나 본 연구에서는 앞에서 언급했듯이 계단 오르기 시에 김 등¹⁾이 보고한 것처럼 굴곡 호가 없이 계단을 오르게 되면 초기 접지기 후 바로 대퇴사두근의 동심성 수축이 일어나면서 슬관절 최대 신전 모멘트가 발생할 때 가장 큰 통증이 발생함으로 환자는 의도적으로 초기 접지기 시에 슬관절을 상대적으로 신전시킨 뒤 질량중심을 앞으로 이동하여 계단을 오르다 질량중심이 다음 계단으로 이동한 상태에서 대퇴사두근의 동심성 수축이 일어나면서 슬관절 최대 신전 모멘트가 발생하기 때문에

슬관절 최대 신전 모멘트와 일률이 감소하고 각각의 발생 시기 또한 지연을 보였다. 이런 골반의 전방 전위를 통한 신체 질량 중심의 전방 이동을 통한 계단 오르는 Salsich 등¹⁷⁾이 슬개 대퇴 통증 증후군의 계단 오르기 시의 슬관절 신전 모멘트 감소의 보상 기전으로 보고한 바 있었다.

본 연구에서 통계적으로 유의하게 대조군에서 많이 관찰된 “W” 징후는, 슬관절이 말기 입각기에서 신전하다 일시적으로 굴곡 후 다시 신전하다 굴곡하면서 초기 유각기로 넘어가는 양상으로 인해 그래프상 “W” 모양으로 나타나는 것으로(Fig. 2), 이는 계단 오르기 시 말기 입각기에서 환자가 급격한 슬관절 신전 시 유발되는 슬관절의 통증으로 인해 의도적으로 충분히 신전시키지 않고 순간적으로 굴곡시키기 때문에 나타나는 현상으로 생각한다. 결국 이런 원인 때문에 슬관절 골관절염군에서는 말기 입각기에서 충분한 슬관절의 신전이 일어나지 않게 되며, 슬관절 골관절염군에서 최소 슬관절 굴곡이 대조군에 비해 유의하게 증가되어 있는 결과를 얻을 수 있었다. 이와 더불어 슬관절의 충분한 신전이 일어나지 않음으로 인해 고관절도 충분한 신전이 이루어지지 않아 최소 고관절 굴곡도 슬관절 골관절염군에서 대조군에 비해 유의하게 증가한 것으로 생각한다.

본 연구에서는 슬관절 골관절염이 있는 슬관절의 운동형상학적, 운동역학적 지표뿐만 아니라 골반 기울기 그리고 고관절, 족관절의 운동형상학적, 운동역학적 지표를 조사하여 슬관절 골관절염 환자의 계단 오르기 시 전반적인 하지 동작의 특징과 보상 작용 등을 알아보았다. Radin 등¹⁵⁾은 평지 보행 시 통증이 있는 관절의 부하를 줄이기 위해, 비정상적으로 슬관절이 아닌 하지의 다른 관절의 부하를 증가시킬 가능성이 있음을 보고하였고, 이전의 운동형상학적,¹²⁾ 운동역학적⁶⁾ 자료들은 슬관절 골관절염 환자에서 통증이 있고, 근 위약이 있는 슬관절을 고관절이 보상함을 제시하였었다. McGibbon과 Krebs¹¹⁾는 슬관절 골관절염 환자들이 보행 시에 동심성 슬관절 신전, 족관절의 족저굴곡 일률의 감소와 편심성 고관절의 일률 증가를 보고하였는데, 본 연구에서도 운동역학적 지표에 있어서 최대 족관절 족저굴곡 모멘트와 최대 족관절 일률의 감소가 관찰되었다. 이는 McGibbon과 Krebs¹¹⁾이 보고한 바와 같이, 슬관절을 통한 에너지 전달 과정의 붕괴로 인해 발생한 현상으로 판단된다. 그러나 슬관절 골관절염군에서 최대 고관절 신전 모멘트와 최대 고관절 일률은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않아 이전 연구들^{6,12)}에서 제시되었던 고관절의 보상 기전은 본 연구에서는 관찰되지 않았다. 단지 슬관절 골관절염군에서 고관절의 최대 굴곡이 대조군에 비해 유의하게 증가되어 있었는데 이는 본 연구에서 슬관절 최대 신전 모멘트와 일률의 감소의 보상 기전으로 제시했었던 골반 전방 전위 증가로 인한 것으로 생각한다. 이상의 결과를 살펴보면 슬관절 골관절염 환자에서 계단 오르기 시 슬관절 신전 모멘트와 슬관절 일률의 감소 보상 기전은 이전 평지 보행에서

제시되었던 고관절 모멘트의 증가를 통한 보상보다는 골반의 전방 기울임을 통한 신체 질량 중심의 전방 이동을 통해서 보상됨을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 계단 오르기 동작 분석에 있어서, 시상면의 운동역학적, 운동형상학적 지표만 분석하였다는 점으로 앞으로는 시상면뿐만 아니라 관상면 및 횡단면의 운동형상학적, 운동역학적 분석이 필요할 것으로 생각한다.

결 론

본 연구는 20명의 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 하여 3차원 동작 분석기를 이용하여 계단 오르기 동작을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

슬관절 골관절염 환자가 계단 오르기 시 최대 슬관절 신전 모멘트와 최대 슬관절 일률의 감소, 슬관절 최대 신전 모멘트의 발생 지연, 초기 접지기 후 굴곡 호와 말기 입각기에 특징적인 “W” 징후를 관찰할 수 있었고, 초기 접지기 시 슬관절 굴곡각도 감소, 최소 슬관절 굴곡각도 증가를 관찰할 수 있었다. 슬관절 외의 다른 관절에서는 고관절의 최소 고관절 굴곡 각도, 최대 고관절 굴곡 각도의 증가, 최대 골반 전방 전위 각도의 증가, 족관절의 초기 접지기 시 족배 굴곡 각도의 감소, 최대 족관절 족저굴곡 모멘트와 최대 족관절 일률의 감소 등이 관찰되었다.

상기 연구 결과를 통해 슬관절 골관절염 환자의 계단 오르기 동작의 특성을 알 수 있었고, 슬관절부의 장애로 인해 다른 하지 관절까지 운동형상학적, 운동역학적 변화를 초래할 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 김덕용, 박창일, 장용원, 박사윤: 계단 오르기 동작과 평지 보행과의 운동형상학적 및 운동역학적 비교 분석. 대한재활의학회지 2001; 25: 1048-1058
- 2) Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, Christy W, Cooke TD, Greenwald R, Hochberg M, Howell D, Kaplan D, Koopman W, Longley S, Mankin H, Mcshane DJ, Medsger T, Meenan R, Mikkelsen W, Moskowitz R, Murphy W, Rothschild B, Segal M, Sokoloff L, Wolfe F: Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the Rheumatism Association. Arthritis Rheum 1986; 29: 1039-1049
- 3) Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW: Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. J Rheumatol 1988; 15: 1833-1840
- 4) Crossley KM, Cowan SM, Bennell KL, McConnell J: Knee

- flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Res* 2004; 22: 267-274
 - 5) Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, Mallon KP: Knee osteoarthritis and physical functioning: evidence from the NHANES I Epidemiologic Followup Study. *J Rheumatol* 1991; 18: 591-598
 - 6) Fisher NM, White SC, Yack HJ, Smolinski RJ, Pendergast DR: Muscle function and gait in patients with knee osteoarthritis before and after muscle rehabilitation. *Disabil Rehabil* 1997; 19: 47-55
 - 7) Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, Anthony JM, Zhang Y, Wilson PW, Kelly-Hayes M, Wolf PA, Kreger BE, Kannel WB: The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Public Health* 1994; 84: 351-358
 - 8) Kaufman KR, Hughes C, Morrey BF, Morrey M, An KN: Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. *J Biomech* 2001; 34: 907-915
 - 9) Kellgren JH, Lawrence JS: Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957; 16: 494-502
 - 10) Kuster MS, Wood GA, Stachowiak GW, Gachter A: Joint load considerations in total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79: 109-113
 - 11) McGibbon CA, Krebs DE: Compensatory gait mechanics in patients with unilateral knee arthritis. *J Rheumatol* 2002; 29: 2410-2419
 - 12) Messier SP, Loeser RF, Hoover JL, Semble EL, Wise CM: Osteoarthritis of the knee: effects on gait, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73: 29-36
 - 13) Ouellet D, Moffet H: Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty. *Arthritis Rheum* 2002; 47: 484-493
 - 14) Perry J: Gait analysis-normal and pathological function, 1st ed, Thorofare: Slack, 1992, pp91
 - 15) Radin EL, Paul IL, Rose RM: Role of mechanical factors in pathogenesis of primary osteoarthritis. *Lancet* 1972; 1: 519-522
 - 16) Riner R, Rabuffetti M, Frigo C: Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait Posture* 2002; 15: 32-44
 - 17) Salsich GB, Brechter JH, Powers CM: Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech* 2001; 16: 906-912
 - 18) Winter DA: Knee flexion during stance as a determinant of inefficient walking. *Phys Ther* 1983; 63: 331-333
-